

PTO 04-3584

CY=JA DATE=19910815 KIND=A
PN=03-187280

Bi-Te TYPE THERMOELECTRIC CONVERSION THIN FILM AND THERMOELECTRIC
CONVERSION ELEMENT THEREOF

[Bi-Te kei netsuden henkan usumaku oyobi sono netsuden henkansoshi]

Hisato Noro, et al.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
Washington, D.C. June 2004

Translated by: FLS, Inc.

PUBLICATION COUNTRY (19) : JP

DOCUMENT NUMBER (11) : 03-187280

DOCUMENT KIND (12) : A
(13) : PUBLISHED UNEXAMINED PATENT
APPLICATION (Kokai)

PUBLICATION DATE (43) : 19910815 [WITHOUT GRANT]

PUBLICATION DATE (45) : [WITH GRANT]

APPLICATION NUMBER (21) : 01-326044

APPLICATION DATE (22) : 19891218

PRIORITY DATE (32) :

ADDITION TO (61) :

INTERNATIONAL CLASSIFICATION (51) : H01L 35/16 35/18

DOMESTIC CLASSIFICATION (52) :

PRIORITY COUNTRY (33) :

PRIORITY NUMBER (31) :

PRIORITY DATE (32) :

INVENTOR (72) : NORO, HISATO; YAMADA, KATSUMI;
SATO, HAJIME; KAGECHIKA,
HIROSHI.

APPLICANT (71) : Nihon Kokan K.K.

TITLE (54) : Bi-Te TYPE THERMOELECTRIC
CONVERSION THIN FILM AND ITS
THERMOELECTRIC CONVERSION
ELEMENT

FOREIGN TITLE [54A] : Bi-Te kei netsuden henkan
usumaku oyobi sono netsuden
henkansochi

Specification

1. Name of this Invention

Bi-Te Type Thermoelectric Conversion Thin Film And
Thermoelectric Conversion Element Thereof

2. Claims

[1] Bi-Te type thermoelectric conversion thin film formed on a substrate, comprising a Bi-Te polycrystalline body having the (015) plane orientation.

[2] Bi-Te type thermoelectric conversion element containing a thermoelectric semiconductor chip consisting of a Bi-Te polycrystalline thermoelectric conversion thin film that is 100 μm thick at maximum and has the (015) plane orientation.

3. Detailed Explanation of this Invention

[Field of the Invention]

The present invention relates to a Bi-Te (bismuth-telluride) type thermoelectric conversion thin film and its thermoelectric conversion element, wherein this invention is particularly associated with a Bi-Te type thermoelectric conversion thin film used to form a thermoelectric conversion element for the purpose of thermoelectric generation and electronic cooling/heating utilized by the electric industry, energy industry and aviation space field.

[Prior Art]

Generally, a thermoelectric semiconductor having a large carrier transfer rate and small grid heat conductivity factor is selected as the thermoelectric conversion material for producing thermoelectric conversion devices. That is, the thermoelectric conductor preferably provides high Peltier and Seebeck effects and is low in loss associated with the Joule heat and heat conductivity (i.e., capable of providing a high capacity index z), wherein the material for this purpose is selected according to the operational temperature of the applied device. One thermoelectric conductor having a high capacity index at a relatively low operational temperature is a Bi-Te thermoelectric semiconductor made of a Bi-Sb-Te-Sn type material.

As described in the Journal of the Physics and Chemistry of Solids, 49 [10] (1988) (England) p 1237-1247, the thermoelectric capacity of the Bi-Sb-Te-Sn type semiconductor monocrystal utilized for said thermoelectric conversion is usually a eutrophic. As a monocrystal or polycrystalline body having a simulated monocrystal itself or aggregate structure is used to produce a bulk type semiconductor chip utilized to form a thermoelectric conversion element, the thermoelectric capacity is a eutrophic by reflecting the eutrophic effect of the thermoelectric capacity of the monocrystal. However, since structuring a thermoelectric conversion element using said chips arranged in parallel normally allows the selection of most suited azimuth of the chips corresponding to the direction of the

applied heat current, the element is build by selecting the azimuth of the chips.

On the other hand, when thin film type semiconductor chips are used to reduce the size and increase the integration of overall element, since a polycrystalline body constituting the chip usually forms an aggregated structure during the film formation process, the azimuth of the polycrystalline body against the substrate, which determines the heat current direction, is fixed during the film formation process. As a result, the azimuth optimization conventionally performed with the bulk type chips cannot be conducted once the film is formed. Therefore, applying this method in the practical production process is fairly difficult.

[Problems to Be Solved by this Invention]

When a Bi-Sb-Te-Sn type thermoelectric conversion element is formed with thin film chips, although the thermoelectric capacity of chips becomes aseotropic due to the aggregated system (i.e., priority azimuth) of the film, since the azimuth to the substrate that determines the direction of the heat current is fixed during the film formation process, the conventional azimuth optimization procedure for optimizing the azimuth according to the heat current direction cannot be provided once the film is formed.

The present invention was developed to solve this problem. The object of this invention is to provide a new type of Bi-Te thermoelectric conversion thin film and its element by allowing the

optimization of the thermoelectric capacity of the thin film based on the direction of heat current during the film formation process.

[Method to Solve the Problems]

The present invention provides a Bi-Te type thermoelectric conversion thin film formed on a substrate, wherein the film constitutes a Bi-Te polycrystalline body having the (015) plane orientation.

Also, this invention provides a Bi-Te type thermoelectric conversion element containing a Bi-Te polycrystalline thermoelectric conversion thin film that has the (015) plane orientation and 100 μm or less film thickness.

[Operation]

With the method based on this invention, the (015) plane of a Be-Ti semiconductor monocrystal, having the plane-azimuth significantly (approx. 58°) tilted to the 'c' axis, is laminated in the film thickness direction so that the direction diagonally crossing the axis 'c' (in hexagonal system display) having an excellent thermoelectric capacity as explained in the document described above to maximally orient in the film thickness direction. By this technique, a monocrystal thermoelectric conversion thin film can provide an excellent thermoelectric capacity and practically uniform plane-azimuth. Also, this type of film is highly suitable for forming thermoelectric conductor chips of high capacity thermoelectric conversion element.

[Operational Examples]

Figure 1 is a diagram explaining an example of Bi-Sb-Te-Se polycrystalline thermoelectric conversion thin film. In the figure, the reference numeral 1 denotes a substrate. The reference numeral 2 denotes a thermoelectric conversion thin film consisting of a Bi-Sb-Te-Se polycrystalline thermoelectric semiconductor having the (015) plane orientation on the substrate 1. The thin arrow in the figure indicates the heat current and electric current provided at the time of thermoelectric conversion operation.

The following film formation conditions were used for producing a thermoelectric conversion thin film 2: Technique = Argon ion beam sputtering method; operational pressure = 2.0×10^{-4} Torr, beam electric current = 10 mA; and substrate temperature = 200°C. This film formation method could provide a thermoelectric conversion thin film 2 comprising an aggregated system consisting of each crystal particle 3 having the (015) plane orientation. Note that the thermoelectric conversion thin film is not limited to the Bi-Sb-Te-Se type, as any system may be used for producing a Bi-Te type thermoelectric semiconductor.

Figure 2 is a diagram of X-ray diffraction pattern of an approx. 4 μm thick Bi-Sb-Te-Se polycrystalline thermoelectric conversion thin film (p type) prepared as described above. In the figure, the abscissa denotes the diffraction angle, whereas the vertical axis denotes the X-ray strength. The X-ray used for measuring the X-ray

diffraction pattern is a monochromatic characteristic X-ray of copper generated from the copper target. In the figure, the peaks displayed at 015 and 0210 are significantly greater than the peaks of a non-oriented thin film of the same composition material, thus indicating that the thin film comprises the polycrystalline structure having the orientation of (015) plane as shown in Fig. 1.

On the other hand, in the case of monocrystal for example, an excellent thermoelectric capacity is known to exist in the direction diagonally crossing the axis 'c' of the hexagonal system display as explained in the document described above. When the thermal gradation is formed in the film thickness direction of the polycrystalline thin film, the axis 'c' must be oriented within the plane of the thin film in order to take advantage of the direction of said excellent thermoelectric capacity.

However, as described in the Naturwissenschaft 27 (1939) (Germany) p.133, this type of orientation is hard to manifest by simply utilizing a thin film made of a material having the crystal structure in which atomic planes are laminated in the direction of axis 'c'. Therefore, as explained in the operational example, more effective thermoelectricity can be produced when the axis 'c' is maximally oriented within the plane of the thin film by laminating the (015) plane having a significantly tilted plane bismuth (approx. 58° tilted from the direction of axis 'c') parallel to the film surface. The developers of the present invention could achieve the

capacity index of 2.0×10^{-3} (K^{-1}) using the thermoelectric conversion thin film having the aggregate structure described above in the direction of film thickness, thereby being able to establish the usability of the present invention.

Figure 3 is a diagram of a basic Bi-Te thermoelectric conversion element prepared by utilizing the thermoelectric conversion thin film having the (015) plane orientation of this invention as a thermoelectric semiconductor chip.

As shown in the figure, thin films [e.g., n-type thermoelectric thin film **2a** and p-type thermoelectric thin film **2b** made of thermoelectric conversion thin films (hereinafter, said film is denoted as thermoelectric thin film) explained in the operational example associated with Fig. 1] were formed on the electrodes **4a**, **4c**, and **4e** separately created at specific locations on the substrate (not shown in the figure). To provide films, for example, paired p-type and n-type thermoelectric thin films **2b**, **2a** were formed, allowing a specific distance between them, on the electrode **4c**. Furthermore, electrodes **4b**, **4d** were formed to cover the paired n-type and p-type thermoelectric thin films **2a**, **2b** so as to provide a thermoelectric thin film between the upper and lower electrodes. Therefore, one unit section of this element comprises the upper and lower electrodes **4a**, **4b**, **4c** and n-type and p-type thermoelectric thin films **2a**, **2b** formed between those electrodes. By alternately connecting those thermoelectric thin film units, having the film thickness of several

μm - several 10 μm , via the upper and lower electrodes, a thermoelectric conversion element having an increased number of chips per unit area (i.e., increased energy transporting density) could be provided.

With the configuration shown in Fig. 3, for example, if the upper side is made as a heat absorbing surface, and the lower side is made as a heat generation surface, the electric current is directed in the direction as shown with the arrow in the figure. Also, the direction of heat current (temperature gradation) is also directed as shown with the frame-line arrow in the figure. Therefore, the electric current of the thermoelectric thin film is directed to the film thickness direction. Generally, the capacity of semiconductor chip unit only depends on the ratio of its shape [i.e., cross-sectional area/height (thickness)]. Therefore, assuming that the shape ratio is fixed, the smaller the unit thickness, the greater reduction to the element size and material cost can be possible. By applying a regular thin film formation process, such as vapor-deposition or spattering, a semiconductor thin film having 100 μm or less thickness, which cannot be produced by the bulk production process (e.g., welding-molding method or sintering method) can be easily created. The Bi-To type thermoelectric thin film having the (015) plane orientation created by the thin film formation process of this invention can produce a thermoelectric conversion element that is smaller and has increased integration, while the material cost

needed for element production is drastically lowered.

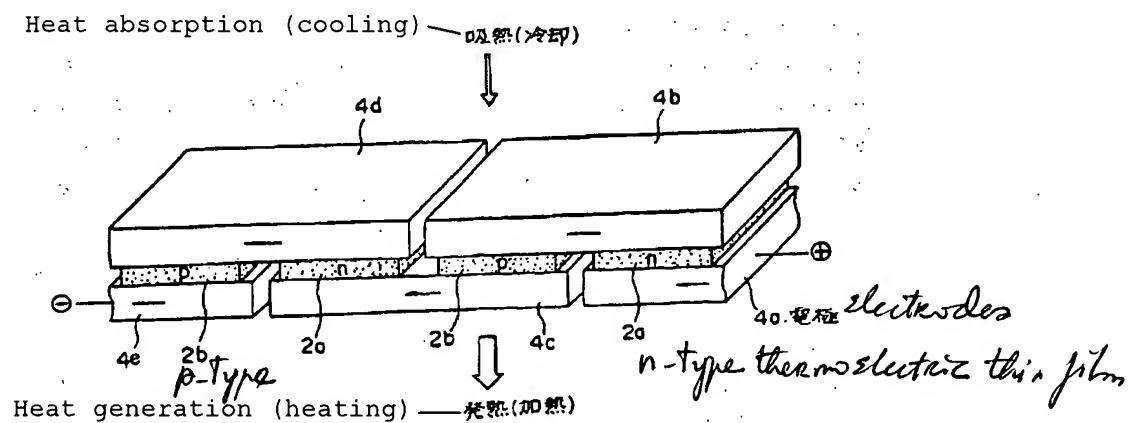
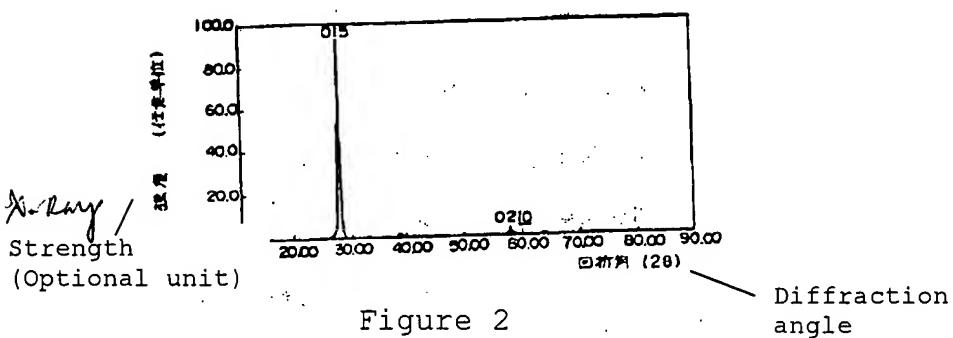
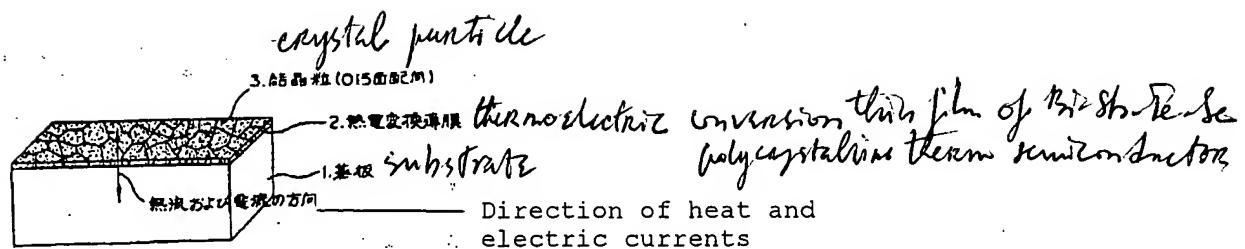
[Effectiveness of the Present Invention]

As explained above, the present invention can provide a Bi-Te type polycrystalline thermoelectric conversion thin film having the (015) plane orientation by simply applying the ordinary thin film formation process. Therefore, this invention can offer significantly high usability. By utilizing this thermoelectric thin film as a thermoelectric semiconductor chip, an overall smaller but highly integrated thermoelectric conversion element can be produced, that can maintain the thermoelectric capacity equivalent to the element produced in bulk. As a result, the material cost as well as element price can be significantly lowered compared with the bulk type element. Also, as the conventional element having a bulk type semiconductor chip cannot increase the serial orientation of semiconductor chips due to the restriction over the element size itself, the element is usually only usable at low voltages and high electric currents. However, the thin film type microchip of this invention, which can drastically change the chip shape ratio (cross-sectional area/height) and number of serial orientations, allows the chip to be used at higher voltages and lower electric currents, subsequently allowing a significant expanded range to the electric circuits combinable with the element.

4. Simple Explanation of the Figures

Figure 1 is a diagram explaining an example of Bi-Sb-Te-Se polycrystalline thermoelectric conversion thin film. Figure 2 is a diagram of X-ray diffraction pattern of an approx. 4 μm thick Bi-Sb-Te-Se polycrystalline thermoelectric conversion thin film shown in Fig. 1. Figure 3 is a diagram of a basic Bi-Te thermoelectric conversion element prepared by utilizing the thermoelectric conversion thin film of an operational example of this invention.

In the figures: 1...Substrate; 2, 2a, 2b...Thermoelectric conversion thin film; 3...Crystalline particles; 4a, 4b, 4c, 4d, 4e...Electrode



⑫公開特許公報(A) 平3-187280

⑬Int. Cl. 5

H 01 L 35/16
35/18

識別記号

府内整理番号

⑬公開 平成3年(1991)8月15日

7454-5F
7454-5F

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全4頁)

⑭発明の名称 Bi-Te系熱電変換薄膜及びその熱電変換素子

⑮特 願 平1-326044

⑯出 願 平1(1989)12月18日

⑰発明者 野呂 寿人	東京都千代田区丸の内1丁目1番2号 日本钢管株式会社 内
⑰発明者 山田 克美	東京都千代田区丸の内1丁目1番2号 日本钢管株式会社 内
⑰発明者 佐藤 鑑	東京都千代田区丸の内1丁目1番2号 日本钢管株式会社 内
⑰発明者 影近 博	東京都千代田区丸の内1丁目1番2号 日本钢管株式会社 内
⑰出願人 日本钢管株式会社	東京都千代田区丸の内1丁目1番2号
⑰代理人 弁理士 佐々木 宗治	外1名

明細書

1. 発明の名称

Bi-Te系熱電変換薄膜及びその熱電変換素子

2. 特許請求の範囲

(1) 基板上に形成した熱電半導体膜が015面配向しているBi-Te系多結晶体からなることを特徴とするBi-Te系熱電変換薄膜。

(2) 厚さが100μm以下の015面配向しているBi-Te系多結晶体熱電変換薄膜を熱電半導体チップとして有することを特徴とするBi-Te系熱電変換素子。

3. 発明の詳細な説明

[産業上の利用分野]

この発明はBi-Te(ビスマス-テルル)系熱電変換薄膜及びその熱電変換素子に関し、特に電気産業分野・エネルギー産業分野・航空宇宙分野において熱電発電及び電子冷却・加熱用の熱電変換素子に用いられるBi-Te系熱電変換薄膜とそれを応用した熱電変換素子に関するものである。

[従来の技術]

一般に熱電変換デバイスに用いられる熱電変換

材料には、熱電半導体と呼ばれるもののうちでもキャリヤの移動度が大きく格子熱伝導率の小さいものが用いられている。すなわち熱電半導体はペルチエ及びゼーベック効果が大きく、ジュール熱と熱伝導による損失の小さい、つまり性能指数 α の大きいものが望ましく、デバイスの動作温度に適した材料をえらんで使用するようになっている。比較的低い動作温度で性能指数の高い熱電半導体として用いられているものとして、Bi-Sb-Te-Se系を含むBi-Te系の熱電半導体がある。

上述のような熱電変換に利用されるBi-Sb-Te-Se系半導体単結晶の熱電性能は、例えばJournal of the Physics and Chemistry of Solids, 49 [10] (1988) (英) P.1237-1247の文献に開示されているように、一般に異方的であることが知られている。したがって、熱電変換素子を形成するのに使われるバルク型半導体チップには単結晶又は疑似単結晶そのものないしは集合組織を持つ多結晶体が使われるため、その熱電性能は、単結晶の熱電性能の異方性の影響を反映して異方的に

なる。しかし通常、それを並べて熱電変換素子を構成する際には、使用する熱流の方向に応じて最適なチップの方位を選ぶことができるので、チップの方位を選んで素子を形成している。

一方、素子を薄膜型半導体チップで構成することにより素子全体の小型化と高集成化を図る場合、チップを構成する多結晶体が、一般に、製膜中に集合組織を形成するため、熱流の方向を決める基板に対するその方位は製膜時に固定されてしまい、従来のバルク型チップに対しておこなわれていたような製膜後のチップ方位の最適化を図ることができないので実用化が難しいのが現状である。

【発明が解決しようとする課題】

上記のようにBi-Sb-Te-Se系熱電変換素子を薄膜チップで構成する場合には、膜の集合組織（優先配向）のためにチップの熱電性能は異方的になるが、熱流の方向を決める基板に対するその方位は製膜時に決定されてしまうため、従来のバルク型半導体チップの場合のように製膜後に熱流の方向に対してその方位の最適化を図ることができない。

58°と大きく傾いた面方位をもつ015面を膜厚方向に積層させるというものであり、熱電性能が優れ、かつ、実用上均質な面方位を持つ単結晶熱電変換薄膜を形成することができる。
また、このような膜は高性能の熱電変換素子の熱電半導体チップとして用いるのに好適である。

【実施例】

第1図はこの発明の一実施例を示すBi-Sb-Te-Se系多結晶熱電変換薄膜の模式説明図である。図において、1は基板であり、2は基板1上に成膜した015面配向しているBi-Sb-Te-Se系多結晶熱電半導体からなる熱電変換薄膜である。図中に示した細い矢印は熱電変換動作時の熱流及び電流の方向を示している。

熱電変換薄膜2の成膜条件は、アルゴンイオンビームスパッタリング法を用い、動作圧 2.0×10^{-4} Torr、ビーム電圧1000V、ビーム電流10mA、基板温度200°Cである。この成膜法によって各結晶粒3が015面配向した集合体からなる熱電変換薄膜2が得られる。なお、熱電変換薄膜はBi-Sb-

いという問題がある。

本発明はこの問題点を解決するためになされたもので、製膜時に熱流の方向に対する薄膜の熱電性能の最適化を行ったBi-Te系熱電変換薄膜とその熱電変換素子を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

この発明に係るBi-Te系熱電変換薄膜は、015面配向している例えばBi-Sb-Te-Se系多結晶体からなるBi-Te系熱電半導体を基板上に形成したものである。

また、この発明に係るBi-Te系熱電変換素子は、厚さが100μm以下の015面配向しているBi-Te系多結晶熱電変換薄膜を熱電半導体チップとして用いることによって形成したものである。

【作用】

この発明は、Bi-Te系半導体単結晶の場合に（前記文献に示されているような）熱電性能の優れたc軸（六方晶表示）に直交する方向がなるべく膜厚方向に配列されるように、c軸に対して約

Te-Se系に限定されるものではなく、Bi-Te系の熱電半導体であればどのような組成のものであってもよい。

第2図は上記のようにして形成した膜厚約4μmのBi-Sb-Te-Se系多結晶熱電変換薄膜（p型）のX線回折パターンである。図において、横軸は回折角、縦軸はX線強度である。X線回折パターンの測定に用いたX線は、銅ターゲットから発せられた銅の特性X線をモノクロメータで単色化したものである。図において、015、0210で表示したピークは同一組成材料の無配向状態薄膜のピークに比べて著しく大きくなっている、この薄膜が第1図に示すような015面配向した多結晶構造からなっていることを意味している。

一方において、例えば前記文献にみられるように、例えば単結晶の場合に六方晶表示でのc軸に直交する方向の熱電性能が優れていることが知られているが、多結晶薄膜の膜厚方向に温度勾配をつけて使用する際に、このような熱電性能の優れた方向を利用するためにはc軸を薄膜の面内に配

向させたものを使用する必要がある。しかし、Naturvissenschaft 27 (1939) (独) p.133 の文献に示されるように、c 軸方向に原子面が積層する結晶構造を持つ物質のみの薄膜でこのような配向状態を達成することは困難である。それ故、上記実施例のように c 軸方向から約 58° と大きく傾いた面方位を持つ 015 面を膜面に平行に積層させて、c 軸が薄膜の面内に配向した状態に近づけた方が熱電性能上効果的である。われわれは、このような集合組織を持つ熱電変換薄膜を膜厚方向に用いて、性能指數 $2.0 \times 10^{-3} (K^{-1})$ を実現し、本発明の有用性を確認した。

第3図はこの発明による 015 面配向した熱電変換薄膜 2 を熱電半導体チップとして用いて形成した原形的な Bi-Te 系熱電変換素子の模式説明図である。

図において、図示しない基板上に所定の位置に分離形成された電極 4 a, 4 c, 4 e 上に第1図の実施例で説明した熱電変換薄膜（以下熱電薄膜という）2 からなる例えば n 型熱電薄膜 2 a, p

一般に、単位半導体チップの性能はその形状比、すなわち断面積／高さ（厚さ）にのみ依存しているので、この形状比が一定ならば、その厚さが薄いほど素子の小型化と材料コストの低減の効果が大きい。蒸着やスパッタリングなどの薄膜形成プロセスを使えば、溶融成形や焼結法などのバルクの製造プロセスで実現できない（あるいは歩留りの面で実用的でない）厚さ 100 μ 以下の半導体薄膜を形成することは容易であり、このような薄膜形成プロセスによって作成した 015 面配向した Bi-Te 系熱電薄膜は、小型化・高集積化が可能で、かつ、材料コストの大軒な低減が可能な熱電変換素子を提供することができる。

【発明の効果】

以上のようにこの発明によれば、015 面配向した Bi-Te 系多結晶熱電変換薄膜が通常の薄膜形成プロセス技術を応用することにより達成され、その有用性が確認された。そして、この熱電薄膜を熱電半導体チップとして利用することにより、バルク並の熱電性能を維持したまま熱電変換素子全

型熱電薄膜 2 b を配設する。配設の仕方は、例えば電極 4 c 上に p 型熱電薄膜 2 b, n 型熱電薄膜 2 a の一対を所定間隔で成膜形成するようにする。さらに、例えば n 型熱電薄膜 2 a, p 型熱電薄膜 2 b の一対分を置くように電極 4 b, 4 d を形成し、上下の電極間に熱電薄膜がサンドイッチされるように熱電変換素子が形成される。したがって、この素子の単位分は、例えば電極 4 a, 4 b, 4 c とこれによってサンドイッチされた n 型熱電薄膜 2 a, p 型熱電薄膜 2 b とが構成する部分となる。このような幅数 μ ~ 数 10 μ の単位熱電薄膜を交互に上下電極を介して連結することによって単位面積あたりのチップの数が多い、すなわち、エネルギー輸送密度が大きい熱電変換素子を形成することができる。

第3図のような構成において、例えば上側を吸熱面、下側を発熱面としたときの電流の方向は矢印に示したようになり、熱流（温度勾配）の方向も枠線の矢印で示すように動作する。したがって、熱電薄膜の電流の方向はその膜厚の方向になる。

体を小型化・高集積化することが可能になるので、材料コストひいては素子価格をバルク型のものよりも大幅に下げることができる。また、バルク型の半導体チップを使用している従来の素子は、素子そのものの大きさの制約から半導体チップの直列配列の数を大きくできないため、低電圧・大電流でしか使用できないのが普通であるが、本発明の薄膜型の小型チップを使えば、チップの形状比（断面積／高さ）と直列配列の数を大幅に変更することが可能になるので、大電圧・低電流での使用も可能になり、素子と組み合わせられる電子回路などの範囲が拡大する効果がある。

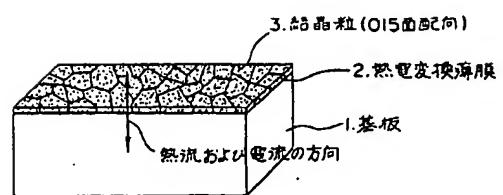
4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例を示す 015 面配向している Bi-Sb-Te-Sc 系多結晶熱電変換薄膜の模式説明図、第2図は第1図の実施例の膜厚約 4 μ の熱電薄膜の X 線回折パターン、第3図はこの発明の一実施例を示す原形的な Bi-Te 系熱電変換素子の模式説明図である。

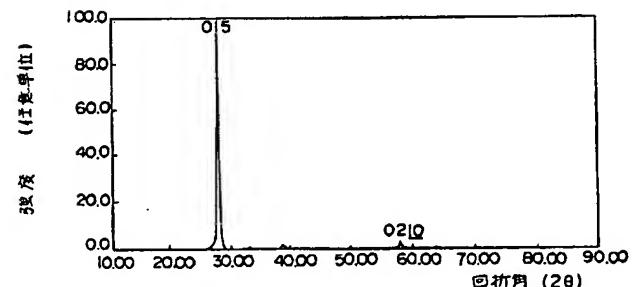
図において、1 は基板、2, 2 a, 2 b は熱電

変換薄膜、3は結晶粒、4a, 4b, 4c, 4d, 4eは電極である。

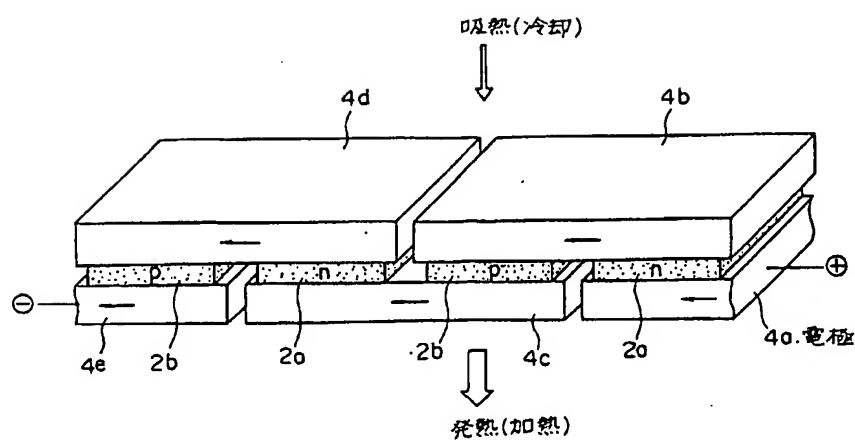
代理人弁理士 佐々木宗治



第一図



第二図



第三図

First Hit **Generate Collection** **Print**

L2: Entry 4 of 9

File: JPAB

Aug 15, 1991

PUB-NO: JP403187280A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 03187280 A

TITLE: BI-TE THERMOELECTRIC CONVERSION THIN FILM AND ITS THERMOELECTRIC CONVERSION ELEMENT

PUBN-DATE: August 15, 1991

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NORO, HISATO	
YAMADA, KATSUMI	
SATO, KAORU	
KAGECHIKA, HIROSHI	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NKK CORP	

APPL-NO: JP01326044

APPL-DATE: December 18, 1989

INT-CL (IPC): H01L 35/16; H01L 35/18

ABSTRACT:

PURPOSE: To optimize the thermoelectric performance of a film to the direction of a hot flow during film formation by forming the thermoelectric semiconductor film on a substrate out of a Bi-Te polycrystal in 015 face orientation.

CONSTITUTION: A Bi-Te thermoelectric semiconductor consisting of, for example, Bi-Sb-Se polycrystals in 015 face orientation, are made on a substrate 1. This is one in which 015 faces having the face azimuth inclined greatly at about 58 to a c axis are stacked in the thickness direction so that the directions of crossing at right angles the c axis (hexagonal crystal expression) excellent in thermoelectric performance of the Bi-Te semiconductor crystal may be disposed in the thickness direction as far as possible, and according to this method a single crystal thermoelectric conversion film having the face orientation being excellent in thermoelectric performance and uniform in practical use can be made. Hereby, making use of this thermoelectric film as a thermoelectric semiconductor chip, the whole thermoelectric conversion element can be miniaturized and highly integrated with the thermoelectric performance equivalent to a bulk maintained.

COPYRIGHT: (C)1991, JPO&Japio